Sterilisation von Trinkwasser mittels Chlorkalk.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Medizinischen Fakultät der Universität Rostock

vorgelegt

von

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

Hans August Wilbrandt

aus **Vietlübbe i. Meckl.**

Rostock.

Rats- und Universitäts-Buchdruckerei von Adlers Erben, G. m. b. H.

1914.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
zu Rostock.

Referent: Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Pfeiffer.

Meinen lieben Eltern!

Literaturangaben.

Schumburg, Deutsche medizin. Wochenschrift 1897, S. 145, 407; Zeitschrift für Hygiene. Bd. 39, 1902; Bd. 40, 1902.

Schüder, Zeitschrift für Hygiene. Bd. 37, 1901, S. 307; Bd. 39, 1902, S. 532; Bd. 40, 1902, S. 196.

Morgenrot und Weigt, Hygienische Rundschau. 1901, S. 773.

Engels, Centralblatt für Bakt. I. Abt., Orig. Bd. 31, 1902, S. 651.

Traube, Zeitschrift für Hygiene. Bd. 16, 1894, S. 196.

Lode, Arch. für Hygiene. Bd. 24, 1895, S. 236.

Woodhead, Journal of the Sanitary Inst. B. 31, 1910, S. 281.

Hünermann, und Deiter, Deutsche med. Wochenschrift. 1901, S. 391.

Shenton, The Sanitary Record. 1909, S. 391.

Leal, Fuller und Johnson, The Sterilisation of the Jersey-City Water etc. Milwaukee. Juni 1909.

Mason, Chemical News. 1909, S. 321.

Arnould, Revue d'Hygiène. Bd. 34, 1902, S. 1034.

Bonjean, La Technique Sanitaire. Bd. 7, 1912, S. 228.

Ellms, Engineering Record. Bd. 63, 1911, S. 475.

Kruszewsky, St. Petersburger med. Wochenschrift. Bd. 36, 1911, S. 89.

Grimm, Mitt. a. d. Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung. 1912, S. 297.

Zur Sterilisation von Trinkwasser, insbesondere für die Bedürfnisse im Felde, sind die verschiedenartigsten Verfahren empfohlen und auf ihre Brauchbarkeit geprüft worden. Dabei hat man sich zur Verhütung von Täuschungen, wie sie bei der Verwendung kleiner Mengen Wasser zur Feststellung der Keimfreiheit entstehen können, der verbesserten bakteriologischen Untersuchungsmethoden und Erfahrungen erfolgreich bedient.

Daß trotz alledem wirklich brauchbare Sterilisationsverfahren nicht oder nur bei ganz bestimmten Fällen erworben wurden, erklärt sich aus der Schwierigkeit, ein Wasser in größerer Menge und in kurzer Zeit zu entkeimen und zugleich seine Genießbarkeit zu sichern. Können im großen durch entsprechende Anlagen auch diese Schwierigkeiten überwunden werden, wie z. B. durch Abkochen oder Ozonisieren oder Filtrieren, so bestehen sie doch weiter, wenn es sich um kleine und sofort notwendige Wassermengen handelt, wo die obengenannten Verfahren versagen. Für diese Fälle besteht die Möglichkeit der Entkeimung nur in der Verwendung von chemischen Mitteln. Von diesen müssen wiederum

alle ausscheiden, welche auf mechanischem Wege eine Reinigung des Wassers herbeiführen, wie die Fällungsmittel z. B. Eisensalze, weil sie keine Entkeimung, sondern nur Keimverminderung bewirken. Am geeignetsten erschienen bisher die Halogene, Chlor und Brom. Auf die Brauchbarkeit des Broms hat Schumburg hingewiesen. Die günstigen Erfahrungen, die er erzielte, haben andere, wie Schüder, Morgenrot und Weigt, sowie Engels nicht gemacht. Das Chlor, hauptsächlich in Form von Hypochloriten, hat sich manchen Forschern als sehr wirksam erwiesen. Es ist auch im großen zur Wassersterilisierung verwendet worden. Die Angaben über die Erfolge lauten im ganzen günstig, aber es hängt das Ergebnis der Verfahren zur Sterilisation von Trinkwasser mittels Chlor ab von der Menge des wirksamen Chlors, die bei den verschiedenen Hypochloriten je nach der Güte der Präparate und der Dauer ihrer Aufbewahrung erheblich wechselt, ferner von der Zeitdauer der Einwirkung des Chlors auf das Wasser, und endlich von dem Grade seiner Verschmutzung. So wird erklärlich, daß manche Forscher bei der Sterilisation des Wassers mittels Chlors weniger günstige Ergebnisse erzielten. Aus der Fülle von Literaturangaben über Versuche zur Sterilisation von Trinkwasser mit Chlor führe ich hier einige an. Traube und Lode fanden Chlorkalk zur Wassersterilisation wohl geeignet, ebenso Woodhead, der mit einem Teil wirksamen Chlors auf 7 bis 8 Millionen Teile Wasser Erfolg hatte. Mit Natriumhypochlorit gelang es Hünermann und Deiter, Pusch, Shenton,

Leal, Fuller und Johnson, Mason Wasser zu sterilisieren, Arnould und Bonjean dagegen nicht. Ebenso konnte Ellms Wasser nicht vollständig entkeimen, selbst wenn er diesem so große Mengen Chlorkalk zusetzte, daß sein Geschmack und Geruch recht unangenehm auffiel. Nach Kruszewsky braucht man zur vollständigen Entkeimung des Wassers 200 mg Chlor, nach Grimm tötet Chlor erst in der Menge von 54 Teilen freien Chlors auf eine Million Teile Wasser die in diesem vorhandenen Koli-Bakterien ab. Bei solchen Konzentrationen, wie den erwähnten, starben Typhus- und Ruhr-Bakterien bereits innerhalb einer Stunde ab. Wurde eine Konzentration von 36 mg freien Chlors auf eine Million Teile Wasser angewandt, so war innerhalb einer Stunde die Abtötung der genannten Bakterienarten nicht sicher. Bei geringeren Dosen freien Chlors verlängert sich die Frist, innerhalb welcher eine Abtötung der Keime erfolgt, sehr erheblich. Allerdings verschwindet dann der Chlorgeruch und -geschmack des desinfizierten Wassers völlig, während er bei Dosen, die größer sind und darum in kurzer Zeit wirken, besonders beseitigt werden muß. Die Entchlorung, wie auch die Entbromung in dem Verfahren von Schumburg kann man bewerkstelligen durch Zusatz von Ammoniak oder Natriumsulfit oder Natriumthiosulfat, aber wenn diese Stoffe in nicht ganz genauer, zur Entchlorung eben ausreichender Menge dem Wasser zugesetzt werden, machen sie dieses nach anderer Richtung hin übelschmeckend. Eine solche genaue Abmessung ist sehr schwer und kann eigentlich nur

im Laboratorium bewerkstelligt werden. Zu bemerken ist noch, daß die Verwendung von Chlorkalk, dem billigsten und bequemsten Hypochlorit, zur Sterilisation von Trinkwasser zu einer Trübung des Wassers führt, die nur durch Filtration oder längeres Stehenlassen des Wassers zu beseitigen ist. Wenn daher die Hypochlorite, insbesondere Chlorkalk, zur Desinfektion von Trinkwasser in der Praxis Anwendung finden sollen, so müssen folgende Voraussetzungen erfüllt werden: es muß die erforderliche Dosis, die ausreicht, in kürzester Zeit die Keime abzutöten, in gleichbleibender Form bereit stehen, die Entchlorung muß durch ein Mittel erfolgen, das, selbst im Überschuß zugesetzt, dem Wasser keinen Geruch und Geschmack verleiht, und das entkeimte Wasser muß klar sein und in seinen Eigenschaften den Anforderungen entsprechen, die man durchschnittlich an natürliches Trinkwasser stellt.

Die Farbenfabriken, vorm. Friedrich Bayer & Co., in Leverkusen bei Cöln a./Rh. hatten ein Verfahren zur Sterilisation von Trinkwasser ausarbeiten lassen, von dem das Hygienische Institut der Universität zu Rostock durch ihren wissenschaftlichen Vertreter, Herrn Dr. Kehler in Hamburg, Kenntnis erhielt. Nach den erteilten Aufschlüssen wird das Wasser durch Chlorkalk entkeimt, dann das überschüssige Chlor durch Natriumperkarbonat beseitigt, wobei gleichzeitig auch Kalk in Form von Kalziumkarbonat ausgefällt wird, schließlich wird das Wasser filtriert und mit Zitronensäure schwach angesäuert. Nach den Vorschriften für die Verwendung der Reagentien Chlorkalk, Perkarbonat und Zitronen-

säure werden für die Sterilisation, Entchlorung und Säuerung des Wassers gebraucht, für je 3 Ltr. Wasser:

1,5 g Chlorkalk mit ca 36% wirksamen Chlors, gemischt mit 1,5 g Chlornatrium.
2,1 g Natriumperkarbonat (mit $10^1/_2$% Sauerstoff).
1,2 g Zitronensäure.

Drei Gramm des Chlorkalkkochsalzgemisches werden zu 3 Ltr. Wasser gegeben, das unter gelegentlichem Umrühren der Einwirkung der Chemikalien während 10 Min. ausgesetzt wird. Hierauf wird 2,1 g Perkarbonat zugesetzt und nach 5 Min. das Ganze filtriert. Das Filtrat endlich wird mit 1,2 g Zitronensäure versetzt (wörtliche Anweisung des Herrn Dr. Kehler).

Herr Dr. Kehler hatte auch die Liebenswürdigkeit, über einige Versuche, welche mit dem neuen Verfahren angestellt wurden, Mitteilungen zu machen. Sie lauten:

Wassersterilisation mit Chlorkalk.

Je 2 ccm einer dichten Aufschwemmung von Bacterium coli (eine Agarschrägkultur mit 20 ccm Wasser angerieben), wurde mit 1 ccm einer Chlorkalklösung 1 : 1000 (24% wirksames Chlor) in sterilem Reagenzglase gemischt, dann nach bestimmten Zeiten zu jedem Röhrchen 1 ccm einer Ortizonlösung (Wasserstoffsuperoxydlösung) (0,338 : 1000), sowie eine weitere Minute später 10 ccm sterile Bouillon hinzugegeben. Sämtliche Röhrchen zwischen $2^1/_2$ bis 60 Min. Einwirkungszeit zeigten ungeschwächtes Wachstum der Bakterien.

Wurde eine Agarschrägkultur in 750 ccm sterilen Leitungswassers, bezw. sterilen Wupperwassers suspendiert und davon je 2 ccm, wie oben angegeben, behandelt, so waren sowohl Typhus- wie auch Kolibakterien bereits nach 5 Min. langer Einwirkung des Chlorkalks, der aber in einer Konzentration von 1 : 3000 zur Wirkung kommt, völlig abgetötet.

Zur Prüfung der Beeinflussung der Chlorkalkwirkung durch die Gegenwart von organischen Substanzen wurde 1 ccm einer Typhus- bezw. einer Kolibakterienaufschwemmung (1 Agarschrägkultur auf etwa 200 Wasser) mit 1 ccm einer sterilen Aufschwemmung von menschlichem Kot 1 : 33, bezw. 1 : 333, bezw. 1 : 3333, sowie mit 1 ccm Chlorkalklösung 1 : 1000 versetzt. Zur Bindung des Chlorkalks diente 1 ccm einer Lösung von 0,84 g einer Mischung von 10 g Perkarbonat-Natrium mit 2,2 g Zitronensäure in 1000. Später erfolgte wieder Zugabe von 10 ccm Bouillon. Kolibakterien waren in der rein wässrigen Aufschwemmung wieder in allen Röhrchen abgetötet (bei 5—60 Min. langer Einwirkungszeit des Chlorkalks); bei Gegenwart von 0,1 $^0/_{00}$ Kot, sowie bei 1 $^0/_{00}$ erfolgte Abtötung nach 5—10 Min., während bei 1 $^0/_0$ Kot alle Proben (bis 60 Min.) ungeschwächtes Bakterien-Wachstum zeigten.

Typhusbakterien waren in reinem Wasser nach 5—10 Min., bei Gegenwart von 0,1 $^0/_{00}$ Kot innerhalb 5 Min., bei 1 $^0/_{00}$ Kot nach 5—10 Min. und bei 1 $^0/_0$ Kot erst nach länger als 60 Min. abgetötet. Die kleinen Unstimmigkeiten in den Ergebnissen sind bei derartigen Versuchen nicht oder sehr schwer zu vermeiden.

10 ccm Wupperwasser wurden mit 5 ccm der Chlorkalklösung 1 : 1000 vermischt, und dann je ein 1 ccm mit 0,3 ccm der eingangs erwähnten Ortizonlösung in einer Petrischale entgiftet, hierauf 10 ccm Nährgelatine hinzugegeben; während die entsprechende Kontrollplatte bereits nach 48 Std. völlig verflüssigt war, zeigten die Versuchsplatten nach dieser Zeit bei nur $2^1/_2$ bis 60 Min. langer Einwirkung vereinzelte verflüssigende Kolonien, die nach weiteren 24 Stunden durch ihr rasches Wachstum die ganzen Platten verflüssigten und die von den Sporenbildnern herrührten.

Diese Versuche beweisen, daß bei Gegenwart von mäßigen Mengen von organischen Substanzen ein Zusatz von 1 Teil Chlorkalk auf 3000 Teile Wasser genügt, um bei 15 Min. langer Einwirkung die Krankheitserreger, welche für die Wasserinfektion in Betracht kommen (Typhus- und die empfindlichen Cholerabazillen), abzutöten; bei stark verunreinigten Wässern ist entweder die Einwirkungszeit zu verlängern oder noch besser die Menge des Desinfiziens zu erhöhen; immerhin muß ein Wasser, das $1\,^0/_{00}$ menschlichen Kots enthielt und das innerhalb 15 Min. sicher sterilisiert wurde, als beträchtlich verunreinigt bezeichnet werden.

Eine Agarschrägkultur von Ruhrbazillen (Y-Stamm), wurde mit ca. 200 ccm sterilem Wasser aufgeschwemmt, davon je 1 ccm mit 1 ccm Wasser bezw. steriler Kotaufschwemmung ($1{,}5\,^0/_0$, $0{,}6\,^0/_0$ bezw. $0{,}3\,^0/_0$), sowie mit 1 ccm Chlorkalkverreibung (1 : 1000) versetzt. Die fertigen Mischungen enthielten also je 1 : 3000 Chlorkalk und $0{,}5\,^0/_0$, $0{,}1\,^0/_0$ und $0{,}02\,^0/_0$ Kot. Zu jedem

Röhrchen wurde dann nach bestimmten Zeiten Natrium-Perkarbonat-Zitronsäuregemisch und dann wieder je 10 ccm Bouillon zugesetzt.

Bei Abwesenheit von Kot erfolgte Abtötung der Ruhrbazillen nach 5—10 Min.
bei Gegenwart von 0,02% Kot „ 10—15 „
„ „ „ 0,1 % „ „ 15—20 „
„ „ „ 0,5 % „ noch nicht nach 60 Min.

Wurden 1 ccm Ruhrbakterien und 1 ccm der 1,5% Kotaufschwemmung und 2 ccm der Chlorkalklösung (1 : 1000) benutzt, so daß also der Chlorkalk in einer Konzentration von 1 : 2000 zur Wirkung gelangte, so erfolgte Abtötung nach 5—10 Min.

Auf Veranlassung des Herrn Geh. Medizinalrates Professor Dr. Pfeiffer, Direktor des Hygienischen Institutes zu Rostock, habe ich nach dem beschriebenen Verfahren Versuche zur Entkeimung von Wasser angestellt. Die erforderlichen Reagenzien wurden mir von der Firma: Farbenfabriken, vormals Friedrich Bayer & Co., in fertigen Packungen zur Verfügung gestellt, deren jede je ein Gläschen mit 3 g der Chlorkalk-kochsalzmischung, mit 2,1 g Natriumperkarbonat und mit 1,2 g Zitronensäure enthielt. Die Versuche wurden genau nach der Anweisung durchgeführt, jedoch wurde bei einigen Versuchen die Menge des Wassers und die Zeitdauer variiert. Bei einem Vorversuche wurde zunächst ermittelt, wie nach Durchführung des Verfahrens das Wasser beschaffen war, und zu diesem Behufe Wasser aus der Rostocker Wasserleitung mit

den Reagenzien behandelt. Nach Zusatz des Chlorkalkes roch das Wasser nach Chlor, nach 10 Min. langer Einwirkung des Chlors war sein Geruch noch stark bemerkbar, nach Zusatz des Perkarbonats verschwand er momentan, unter gleichzeitiger Entwicklung von Sauerstoff in feinen Bläschen. Das Wasser wurde durch ausgeschiedenes Kalziumkarbonat stark getrübt, die Hauptmenge des ausgefällten Karbonats setzte sich innerhalb der vorgeschriebenen 5 Min. ab. Durch das Papierfilter ging das Wasser leicht getrübt. Nach Zugabe der Zitronensäure wurde es unter Kohlensäure-Entwicklung vollkommen klar. Im Glase perlte es, sein Geschmack war angenehm und schwach säuerlich, etwas prickelnd.

Danach kann angenommen werden, daß es möglich ist, nach diesem Verfahren ein schmackhaftes und appetitliches Trinkwasser zu erzielen, womit einige der oben erwähnten Voraussetzungen erfüllt zu sein scheinen.

Zur Prüfung der Wirksamkeit des Verfahrens hinsichtlich der Entkeimung habe ich Leitungswasser allein und nach Einsaat verschiedener Bakterienarten nach Vorschrift behandelt und berichte im folgenden über das Ergebnis der einzelnen Versuche.

1. Drei Ltr. Leitungswasser wurden in einer emaillierten Blechkanne 10 Min. lang mit der Chlorkalkmischung[1]) behandelt. Vorher waren je $^1/_2$ ccm

---

[1]) Anm. Die Chlorkalkmischung konnte, da sie etwas feucht war und an den Wandungen des Glasröhrchens zum Teil haften blieb, nicht vollständig in das Wasser überführt werden. Die im Röhrchen verbliebene Menge war aber nur gering.

des Wassers in Gelatine verbracht und zwei Platten hergestellt worden. 5 Min. nach Zusatz des Perkarbonates wurde je 1 ccm des chlorfreien Wassers mit Gelatine gemischt, die zu 2 Platten verarbeitet wurde. Während die beiden vor der Behandlung des Wassers hergestellten Gelatineplatten nach 48 Std. zahlreiche z. T. die Gelatine verflüssigenden Kolonien aufwiesen, kamen auf der einen mit dem behandelten Wasser beschickten Gelatineplatte gar keine Kolonien zur Entwicklung, auf der zweiten einige wenige. Es war somit bei diesem Versuche eine starke Keimverminderung, aber keine völlige Entkeimung eingetreten.

2. Bei einem zweiten Versuche wurde die Einwirkungsdauer der Chlorkalkmischung auf 15 Min. verlängert, der Versuch im übrigen wie der Versuch 1 durchgeführt. Auf den mit dem ursprünglichen Wasser hergestellten Gelatineplatten waren nach 48 Std. 62 und 66 Kolonien zu zählen, während die mit dem behandelten Wasser hergestellten Platten keine Kolonien aufwiesen. Es wurden von dem behandelten Wasser außerdem noch 100 ccm mit Nährbouillon versetzt und nach Bebrütung während 24 Std. Proben von je 1 ccm zur Anfertigung von Gelatineplatten entnommen. Auch diese Gelatineplatten wiesen nach 48 Std. keine Kolonien auf. Eine 15 Min. lange Einwirkung der Chlorkalkmischung hatte das Leitungswasser von Keimen befreit.

3. Mit dem Inhalte einer Öse Kolibakterien von einer frischen Agarkultur wurde eine Aufschwemmung hergestellt, die zu 3 Ltr. Leitungswasser hinzugefügt wurde. 0,01 ccm und 0,02 ccm des Wassers dienten

zur Herstellung von Gelatineplatten, die nach 48 Std. zahllose Kolonien von Kolibakterien aufwiesen. Nachdem das Wasser 15 Min. lang der Einwirkung der Chlorkalkmischung und 5 Min. der des Perkarbonats ausgesetzt war, wurden 0,1 und 0,2 ccm zur Aussaat in Gelatine verwendet. Diese Gelatineplatten waren nach 48 Std. völlig unverändert, auch nach 72 Std. von Kolonien der Kolibakterien frei. Sie wiesen zu dieser Zeit nur einige oberflächliche Schimmelpilzkolonien auf. (Luftinfektion.)

Bei diesen und bei den nun folgenden Versuchen wurde von der Zugabe der Zitronensäure abgesehen, weil es nur darauf ankam, zu prüfen, wie weit das Verfahren zur Erzielung eines keimfreien Wassers geeignet sei. Dies Vorgehen erschien zulässig, weil die Ergebnisse der Versuche dadurch höchstens ungünstiger wurden, insofern als die bakterienschädigende Wirkung der Säure ausgeschaltet wurde.

4. 3 Ltr. Leitungswasser werden mit Typhusbazillen infiziert (1 Öse Bakterienmaterial in Kochsalzlösung aufgeschwemmt). Zur Feststellung der Größe der Einsaat wurden Gelatineplatten und Lackmusmilchzuckernutroseagarplatten, sogenannte Blauplatten, angefertigt, die mit je 0,05 und 0,1 ccm des infizierten Wassers beschickt wurden. Die spätere Durchmusterung ergab sehr zahlreiche Kolonien von Typhusbazillen auf diesen Kontrollplatten. Nach Sterilisation des Wassers mit Chlorkalk während 10 Min. und nach der Entchlorung (5 Min.) wurden wiederum Platten hergestellt, die mit der zehnfachen Menge des sterilisierten Wassers

beschickt wurden. Auf den Gelatineplatten kamen Kolonien der Typhusbazillen zur Entwicklung, auf den Blauplatten ebenfalls, auf einer 24, durch Agglutination sichergestellte Typhusbazillenkolonien. Das der Chlorkalkbehandlung unterworfene Wasser blieb nach Entchlorung 24 Std. im Laboratorium stehen. Hierauf wurden wiederum 0,5 ccm Wasser auf Blauplatten gebracht. Nach 24 Std. waren Kolonien von Typhusbazillen noch nicht nachweisbar. Bei diesem Versuche gelang es demnach nicht, durch 10 Min. währende Chlorkalkbehandlung die eingesäten Typhusbazillen vollkommen abzutöten, wohl aber war eine sehr starke Verminderung ihrer Zahl, sowie eine Schädigung ihrer Vermehrung festzustellen.

5. Bei einem in gleicher Weise wiederholten Versuche zeigte sich, daß die in großer Zahl eingesäten Typhusbazillen nach 10 Min. langer Chlorkalkbehandlung des Wassers abgetötet waren. Dieses Ergebnis wurde bestätigt durch den Ausfall der Prüfung des Wassers nach 24stündigem Stehen im Laboratorium. Wären die Typhusbazillen nicht abgetötet gewesen, so hätten sie sich innerhalb dieser Frist vermehren müssen, was sie jedoch nicht taten; denn eine nach dieser Zeit mit 0,5 ccm Wasser beschickte Blauplatte wies keine Kolonien von Typhusbazillen auf.

6. Von der Überlegung ausgehend, daß zur Abtötung der Typhusbazillen eine bestimmte Menge Chlor verbraucht würde, bei größerer Einsaat oder gleichzeitiger Gegenwart von anderen Bakterien in größerer Zahl die zugesetzte Chlormenge nicht ausreichen könnte,

wurde ein weiterer Versuch mit Typhusbazillen haltigem Wasser angestellt, dem Wasser aber außerdem eine Aufschwemmung von Kolibakterien (= 1 Öse Kulturmaterial) zugemischt. Die Chlorkalkmischung wirkte 10 Min. ein, die Entchlorung dauerte 5 Min. Hierauf erfolgte die Entnahme der Aussaatproben, je 0,5 und 1,0 ccm, auf Gelatine- und Blauplatten. Nach 24 stündigem Stehen des Wassers wurden wiederum Proben zur Aussaat auf Blauplatten entnommen. Während auf den Kontrollplatten zahlreiche Kolonien von Typhus- und Kolibakterien gefunden wurden, kamen auf den Gelatine- und Blauplatten, welche mit dem sterilisierten Wasser beschickt waren, keine Koli- und Typhusbakterienkolonien zur Entwicklung.

Auch nach 24 Std. waren in dem Wasser keine Typhus- und Kolibakterien mehr nachweisbar.

Aus dem Ergebnisse der Versuche 5 und 6 ist zu schließen, daß eine Sterilisation des Wassers, das mit Typhusbazillen infiziert ist, innerhalb 10 Min. doch möglich ist, aus dem Ergebnis des Versuches 6 außerdem, daß die angewandte Chlorkalkmenge auch für die Abtötung größerer Bakterienmengen genügen dürfte.

7. Dieser Versuch galt der Ermittelung der Wirkung des Sterilisationsverfahrens auf Wasser, das mit Choleravibrionen (1 Öse Kulturmaterial) versetzt war. Die Chlorkalkbehandlung dauerte 10 Min.; 5 Min. nach dem Zusatze des Perkarbonats wurden die Proben zur Aussaat auf Gelatine- und Blauplatten entnommen. Während sich die Kontrollplatten mit Kolonien der Choleravibrionen dicht besetzt zeigten, blieben die mit dem sterilisierten

Wasser besäten Platten von solchen frei. Das sterilisierte Wasser blieb 48 Std. im Laboratorium stehen. Nach dieser Zeit wurden Proben auf Dieudonnésche Blutagarplatten verbracht. Auf diesen entwickelten sich keine Kolonien von Choleravibrionen.

8. Ein weiterer Versuch stellte eine Wiederholung des vorhergehenden dar mit der Abänderung, daß das Wasser außer mit Choleravibrionen auch noch mit Kolibakterien versetzt wurde. Chlorkalkbehandlung und Aussaat, wie bei Versuch 7, jedoch wurden statt der Blauplatten nur Blutagarplatten verwandt. Das Ergebnis dieses Versuches war, daß in dem sterilisierten Wasser sofort und nach dem Stehenlassen im Laboratorium weder Choleravibrionen noch Kolibakterien nachweisbar waren. Choleravibrionen werden somit, wie Versuch 7 und 8 ergeben haben, bei der Chlorkalkbehandlung innerhalb 10 Min. abgetötet.

Die nunmehr wiederzugebenden Versuche sollten dartun, ob durch das Verfahren ein mit organischen Stoffen und ihren Zusetzungsprodukten beladenes sehr keimreiches Wasser ebenfalls desinfiziert werden könnte.

9. Bei diesem Versuche wurden 3 Ltr. einer Macerationsflüssigkeit verwendet, die bei der Skeletisierung eines Tierkadavers gewonnen war. Sie war hochgradig faul und enorm bakterienreich, wie die Kontrollplatten ergaben. Die Chlorkalkbehandlung dauerte bei diesem Versuche 15 Min. Auf den Gelatineplatten, welche nach der Desinfektion des Wassers angefertigt wurden, kamen Bakterienkolonien nicht zur

Entwicklung. Das desinfizierte Wasser wurde durch Filtrieren klar und war geruchlos.

10. Zu 3 Ltr. Leitungswasser wurden 0,715 g einer Darmausleerung nach Aufschwemmung in Wasser zugegeben, die von einer Typhusbazillenträgerin herrührte und seiner Zeit sich als sehr reich an Typhusbazillen erwiesen hatte. Nach gründlichem Umrühren des Wassers zum Zwecke der gleichmäßigen Verteilung des Kotes wurden Kontrollplatten mit 0,05 und 0,1 ccm Wasser hergestellt (Gelatine- und Blauplatten). Alsdann wurde das Wasser 15 Minuten lang mit Chlorkalk behandelt, 5 Min. nach der Entchlorung wurden die Proben zur Prüfung der Wirkung der Desinfektionsmaßnahme entnommen und zwar 1,0 und 2,0 ccm. Auf den Kontrollplatten entwickelten sich Kolonien der verschiedenartigsten Bakterien (Kolibakterien, Kartoffelbazillen und andere), jedoch keine von Typhusbazillen. Auf den mit dem desinfizierten Wasser beschickten Platten kamen nurmehr in spärlicher Zahl Kolonien zur Enwicklung, darunter die Gelatine rasch verflüssigende, so daß eine Gelatineplatte nach 24 Std. völlig verflüssigt war. Es hat somit bei diesem Versuche die Chlorkalkmenge von 1,5 g auf 3 Ltr. Wasser, das rund 0,2 ‰ Kot enthielt, zu einer völligen Entkeimung nicht genügt.

11. Ein mit der gleichen Menge desselben Kotes verunreinigtes Wasser (3 Ltr.) wurde nunmehr 20 Minuten lang der Chlorkalkbehandlung unterzogen. Das Ergebnis dieses Versuches war, daß die mit dem desinfizierten Wasser beschickten Platten nur wenige Kolonien aufwiesen, während die Kontrollplatten mit solchen förmlich

besät waren. Es hatte der Chlorkalk eine starke Keimverminderung herbeigeführt. Da nach 72 Std. auf den Platten, die mit dem desinfizierten Wasser hergestellt worden waren, doch noch mehr Kolonien zur Entwicklung kamen, so beruhte die beobachtete Keimverminderung zum Teil auf einer Hemmung des Wachstums.

12. Bei der Wiederholung des vorstehenden Versuches wurde die Chlorkalkmenge erhöht, indem 3 g der Chlorkalkmischung zu nur 2 Ltr. des im übrigen ebenso mit Kot verunreinigten Wassers zugegeben wurden. Die Chlorkalkbehandlung dauerte wiederum 20 Min. Das Ergebnis des Versuches war das gleiche, wie das der Versuche 10 und 11, d. h. starke Keimverminderung und Hemmung des Bakterienwachstums.

Gegenüber solchen Wasserverunreinigungen, wie den in den drei Versuchen herbeigeführten, erwies sich demnach das Verfahren nicht ausreichend wirksam, selbst wenn die Einwirkungsdauer verdoppelt und die Chlorkonzentration um 50% erhöht wurde.

Übrigens dürften solche Wasserverunreinigungen unter natürlichen Verhältnissen kaum je vorkommen.

13. Ein letzter Versuch bezweckte die Feststellung, ob die Gegenwart von Harnbestandteilen im Wasser die Wirkung des Verfahrens ungünstig beeinflussen könnte. Zu 3 Ltr. Wasser wurden 5 ccm sterilisierten Harns und Typhusbazillen, 1 Öse Kulturmaterial in 5 ccm Kochsalzlösung verteilt, zugegeben. Das Wasser wurde 10 Minuten lang mit Chlorkalk behandelt, danach zeigte es sich völlig frei von Typhusbazillen. Die

Gegenwart der so leicht veränderlichen Harnbestandteile hat sonach keine Bedeutung gehabt.

Wenn ich nunmehr das Ergebnis meiner Versuche zusammenfasse, so ergibt sich, daß das neue Verfahren es möglich erscheinen läßt, ein infiziertes Wasser in 10, höchstens 15 Min. genügend sicher zu entkeimen, sofern die Keime nicht besonders widerstandsfähig sind. Wenigstens wurden bei der vorgeschriebenen Dosis (1,5 g Chlorkalk mit 36% wirksamen Chlors auf 3 Ltr. Wasser = 180 mg Chlor auf 1 Ltr.) Kolibakterien, Typhusbazillen und Choleravibrionen in 10 bis 15 Min. soweit abgetötet, daß in dem behandelten Wasser auch nach 24 und 48 Std. diese Keime nicht mehr nachweisbar waren. Dabei war die Anwesenheit von leicht zersetzlichen organischen Stoffen, die als Chlorräuber wirken konnten, scheinbar ohne nennenswerte Bedeutung. An Fäulnisprodukten reiches Wasser war durch dieses Verfahren auch zu sterilisieren und zu desodorisieren. Nur bei ganz hochgradig (mit Kot) verunreinigtem Wasser gelang eine völlige Entkeimung nicht.

Meines Dafürhaltens stellt das Verfahren der Farbenfabriken, vormals Friedr. Bayer und Co., eine anerkennenswerte Verbesserung der bisherigen Verfahren zur Sterilisation von Trinkwasser auf chemischem Wege dar, und ich erblicke einen großen Vorzug des Verfahrens darin, daß man mit ihm neben der Entkeimung auch den Anforderungen genügen kann, die man hinsichtlich der sofortigen Verwendbarkeit des sterilisierten Wassers stellen muß. Sollte sich bei der praktischen Anwendung, z. B. im Felde, für die sich übrigens das Verfahren in-

folge der bequemen Dosierung und Verpackung der Reagenzien gut eignen dürfte, herausstellen, daß es nicht gelingt, in allen Fällen ein von Krankheitserregern freies Wasser zu gewinnen, so könnte es leicht durch Erhöhung der Chlorkalk- und Perkarbonatmengen verbessert werden. Die kleine Schwierigkeit der Filtration, die im Felde z. B. mit Papier nicht ausführbar ist, wird durch die Herstellung geeigneter, leicht transportabler Filter überwunden werden können.

Zum Schlusse meiner Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Pfeiffer für die Anregung zu dieser Arbeit, sowie für die freundliche Unterstützung bei der Ausführung derselben meinen innigsten Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Ich, Hans August Ludwig Friedrich Wilhelm Martin Wilbrandt, wurde am 4. Januar 1886 als Sohn des Pastors Reinhard Wilbrandt und seiner Frau Luise, geb. Starck, zu Vietlübbe bei Gadebusch geboren. Zunächst privatim unterrichtet, bezog ich Ostern 1901 das Friedrich-Franz-Gymnasium zu Parchim und erhielt dort 1906 das Reifezeugnis. Nachdem ich ein Semester Philologie studiert hatte, ging ich Michaelis 1906 zum Studium der Medizin über und besuchte nacheinander die Universitäten Rostock, Freiburg i. Br., Berlin, Rostock, wo ich im Frühjahr 1911 das Physikum bestand. Von meinen vier klinischen Semestern verbrachte ich eins in München, drei in Rostock. Wiederum hier absolvierte ich in der Zeit vom 15. März bis 6. Juni 1913 das medizinische Staatsexamen. Vom 6. Juni bis 1. August 1913 war ich als Medizinalpraktikant am anatomischen Institut zu Rostock, von da ab bis 6. Juni 1914 als solcher am Stift Bethlehem zu Ludwigslust unter der Leitung des Herrn Obermedizinalrats Dr. Willemer beschäftigt. Vom 6. Juni bis 1. August war ich als Assistenzarzt am Stift Bethlehem angestellt, nachdem ich am Ende des praktischen Jahres die Approbation als Arzt erhalten hatte.